

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2018.12.009

不同干燥方式对锦橙片品质的影响研究^①

张 玉¹, 晏淑清¹, 冯西娅¹, 宁晓强²,
陈 莉², 洪晴悦¹, 杨明菁¹

1. 西南大学 食品科学学院/食品科学与工程国家级教学示范中心, 重庆 400715;
2. 西南大学 附属中学, 重庆 400700

摘要: 为探讨干燥方式对锦橙片品质的影响, 采用真空冷冻干燥和热风干燥对锦橙片进行干燥处理, 分析不同干燥样品品质构特性、维生素 C、总糖、总酸、色差、褐变度、复水性的差异。结果表明: 真空冷冻干燥锦橙片的硬度、咀嚼性、弹性、内聚性与热风干燥相比差异有统计学意义($p < 0.05$); 真空冷冻干燥锦橙片中维生素 C、总糖、总酸质量分数分别为每 100 g 含 250 ± 32.59 mg, $(60.78 \pm 2.57)\%$ 和 $(8.95 \pm 1.08)\%$, 而热风干燥锦橙片中最高分别为每 100 g 含 168.07 ± 32.15 mg, $(53.93 \pm 1.47)\%$ 和 $(8.07 \pm 0.75)\%$; 真空冷冻干燥锦橙片褐变度低, 色亮度高, 且偏于金黄色, L 值, b 值分别为 52.23 ± 1.48 , 38.25 ± 1.80 , a 值与热风干燥锦橙片相比差异无统计学意义($p > 0.05$); 与热风干燥相比, 真空冷冻干燥复水性好, 复水比为 3.73 ± 0.27 。因此, 锦橙片品质真空冷冻干燥法优于热风干燥法。

关键词: 锦橙片; 真空冷冻干燥; 热风干燥; 品质

中图分类号: TS205; Q944

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2018)12-0059-06

锦橙(*Citrus sinensis* Linn. Osbeck cv. Jincheng)又名鹅蛋柑 26 号, 是芸香科柑橘属植物。锦橙原产于重庆江津, 系 20 世纪 40 年代从地方实生甜橙中选出的优良品种^[1]。其风味甜酸适中, 香气浓郁, 是适合加工的优良甜橙品种^[2-3]。脱水干燥是常见的果蔬加工方式, 通过降低果蔬中的水分量, 延长果蔬保存期^[4-5]。脱水果蔬具有便于储存、运输、销售等优点, 但果蔬在干燥过程中发生的物理、化学反应会影响果蔬干的最终品质^[6]。

传统的热风干燥作为果蔬干燥方式应用最早、成本低, 但往往出现产品褐变严重、营养价值降低等问题^[7-8]。真空冷冻干燥是将物料冻结到共晶点以下, 在一定真空度下, 使冰直接升华从而除去水分的一种干燥方法^[9]。真空冷冻干燥在低温、真空条件下进行, 能最大限度地保持原料的色泽、形状、风味和营养成分^[10]。杨华等^[11]研究了真空冷冻干燥、喷雾干燥对西兰花蔬菜粉品质的影响, 结果表明: 经不同干燥方式的西兰花粉在色泽、复水比、分散性、溶解度等方面均有差异, 但总体而言, 经真空冷冻干燥的西兰花粉品质比喷雾干燥的好。叶磊等^[12]以桑葚为原料, 比较了真空冷冻干燥和热风干燥对其果粉品质的影响, 研究表明真空冷冻干燥对桑葚原有品质的破坏较小。

目前对脱水锦橙片研究多以热风干燥为主, 但感官品质差, 影响消费者的接受度。脱水锦橙片即可泡

① 收稿日期: 2017-12-05

基金项目: 重庆市社会事业与民生保障科技创新专项(cstc2017shms-xdny80049); 重庆市教学改革项目(153024); 西南大学科普创新项目; 重庆市特色食品工程技术研究中心能力提升项目(cstc2014pt-gc8001); 公益性行业(农业)科研专项(201303076-7)。
作者简介: 张 玉(1984-), 女, 高级实验师, 博士, 主要从事食品科学的研究。

水食用(无需另外添加蜂蜜、冰糖等甜味物质),又可直接食用,具有良好的市场前景.因此本研究通过比较真空冷冻干燥和热风干燥对锦橙片品质影响的差异,以期锦橙片开发提供理论依据和参考.

1 材料方法

1.1 材料与试剂

锦橙,品种为“北碚 477”,九成熟,果径大小为 70~80 mm.购自重庆市北碚区沛华果树专业合作社.

蒽酮(分析纯),上海科丰实业有限公司;福林酚试剂,上海如吉科技发展有限公司.其他试剂为实验室常用试剂.

1.2 仪器与设备

CT-3 质构仪,美国 Brookfield 公司;ALPAAI-4LSC 真空冷冻干燥机,德国 Christ 公司;722 可见分光光度计,上海菁华科技仪器有限公司;电热恒温鼓风干燥箱,上海森信实验仪器有限公司.

1.3 实验方法

1.3.1 真空冷冻干燥(简称冻干)

挑选颜色、大小一致的锦橙,洗净、擦干后横切成 1 cm 的薄片,−4 °C 下预冻后,均匀平铺在冻干盘上,真空冷冻干燥机的压力设置为 80 Pa,冷阱温度 −50 °C.当水分量低于 5% 时,停止干燥^[13],测定品质指标.

1.3.2 热风干燥

挑选颜色、大小一致的锦橙,洗净、擦干后横切成 1 cm 的薄片,均匀平铺在干燥盘上,干燥温度分别为 50 °C,70 °C,90 °C,干燥风速为 2.0 m/s.当水分量低于 5% 时,停止干燥^[14],测定品质指标.

1.4 测定方法

1.4.1 水分量的测定

参照 GB5009.3-2010 的方法^[15].

1.4.2 干燥锦橙片品质测定

质构测定:将干燥后的锦橙片置于质构仪 TP/44 探头下做质构分析测试.质构仪参数如下:测试速率,1 mm/s;测后速率与测试速率一致;触发点负载:5 g.每个样品测试重复 9 次.维生素 C:采用 2,6-二氯酚法^[16].

1.4.3 总糖与总酸测定

总糖测定采用蒽酮比色法,并做适当改动^[17].

称取粉碎后的样品 1.0 g,置于三角瓶中,加蒸馏水 20 mL,加盖在沸水浴中保持 15 min;冷却后用漏斗过滤到 100 mL 容量瓶中,并用蒸馏水将三角瓶冲洗至少 3 次,然后在容量瓶中加入 2.5 mL 10% 的醋酸铅溶液,混匀,以沉淀样品中的蛋白质.待反应完全后,加入 0.5 g 草酸钾结晶,以除去过量的醋酸铅,并定容混匀,过滤,取上清液 1 mL,加入 100 mL 容量瓶中定容,取定容后的样液 1 mL 加 4 mL 蒽酮试剂(冰浴),取出至常温,再放入沸水浴 10 min,后取出至常温,在 620 nm 波长下测定吸光度,并以公式(1)计算总糖质量分数($C_{\text{总糖}}$).标准曲线的方程 $A = 29.507C - 0.0149$, $R^2 = 0.9909$.

$$C_{\text{总糖}} / \% = \frac{C \times V}{m \times (1 - \text{含水量}) \times 10^3} \times N \times 100 \quad (1)$$

式中, C 为根据标准曲线方程及测定的吸光度值计算所得的葡萄糖浓度, mg/mL; V 为取样体积, mL; m 为样品质量, g; N 为稀释倍数.

总酸的测定:参照 GB/T 12456-2008 中酸碱滴定法^[18].

1.4.4 复水比的测定

测定方法如下:

将干燥好的锦橙片(m_1 , g)放入蒸馏水中, 每隔 30 min 取出称质量, 至充分吸水, 复水后沥干表面和四周的水, 准确称质量(m_2 , g), 复水比= m_2/m_1 ^[19].

1.4.5 褐变度的测定

参考何萌等^[20]的方法, 取样品 2 g, 加入蒸馏水 50 mL, 充分混匀后, 6 000 r/min 离心 10 min, 用 722 可见分光光度计在 420 nm 处测上层清液的吸光度 A , 以吸光度 A 值来衡量样品的褐变度。

1.4.6 色差的测定

取干燥好锦橙片进行色差测定, 采用 CIELab 表色系统表示. L 为明度指数, L 越大表示颜色越白; a 为红绿值, $+a$ 方向红色增加, $-a$ 方向绿色增加; b 为黄蓝值, $+b$ 方向黄色增加, $-b$ 方向蓝色增加^[21].

1.5 数据分析

应用 Excel 2010 统计分析所有数据, 计算标准误并绘制图; 应用 SPSS 19.0 软件对数据进行单因素方差分析和差异显著性分析, 图表中用小写字母不同表示差异有统计学意义($p < 0.05$), 所有实验重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 不同干燥方式过程中水分量的变化

锦橙片在干燥过程中水分量逐渐降低(图 1), 且热风干燥的干燥速率明显大于真空冷冻干燥. 90 °C 热风干燥耗时最短, 仅 18h, 含水量为(4.15±0.84)%, 而真空冷冻干燥耗时长达 60 h, 水分量为(3.94±0.57)%。

2.2 不同干燥方式对维生素 C(V_C)、总酸和总糖质量分数的影响

由图 2 可知, 热风干燥对 V_C 破坏严重, 且随着干燥温度上升 V_C 质量分数显著下降($p < 0.05$), 90 °C 干燥处理时, V_C 质量分数每 100 g 降至 8.49±4.99 mg. 而真空冷冻干燥锦橙片中的 V_C 质量分数每 100 g 为 250±32.59 mg, 与鲜样中 291.93±4.66 mg 相比, 保留率高达 85.64%。这是由于 V_C 在高温环境下易被破坏, 同时真空冷冻干燥在干燥过程中保持一定的真空度, 可隔绝空气, 有效防止 V_C 氧化^[22-23]。

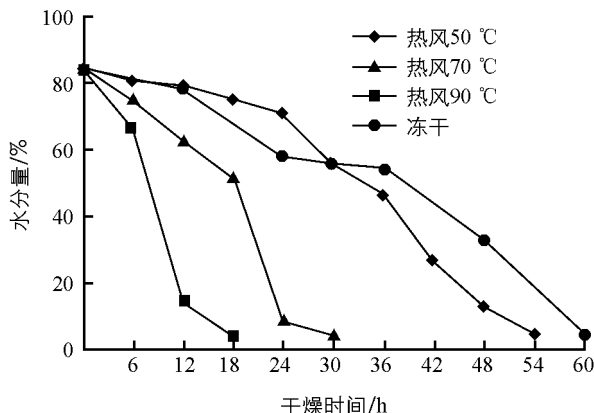


图 1 不同干燥方式锦橙片水分变化情况

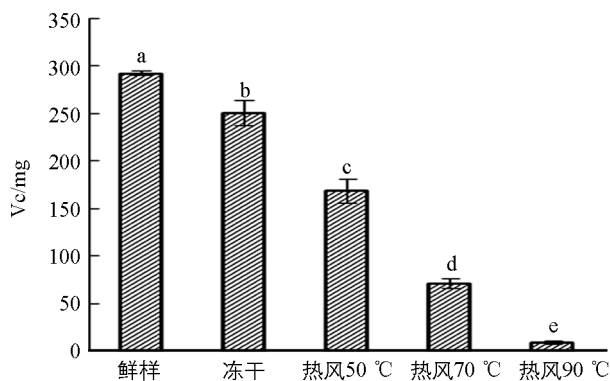


图 2 不同干燥方式对维生素 C 质量分数的影响

不同干燥方式锦橙片总酸质量分数结果如图 3, 真空冷冻干燥锦橙片的总酸质量分数显著高于热风干燥($p < 0.05$), 为(8.95±1.08)%, 且热风干燥温度对总酸质量分数影响有统计学意义($p < 0.05$), 随着温度升高依次为(8.07±0.75)%(50 °C), (7.01±0.13)%(70 °C), (3.07±0.27)%(90 °C). 高伟等^[24]研究表明, 经真空干燥、冷冻干燥处理的柠檬总酸质量分数显著高于热风干燥、红外干燥. 张宝善等^[25]以红枣为实验原料也得出相似结果, 真空冷冻干燥比 60 °C 热风干燥红枣的总酸质量分数多 1.7 g/kg.

不同干燥方式总糖质量分数变化如图 4, 经真空冷冻干燥和热风干燥处理的锦橙片总糖质量分数均显著低于鲜样($p < 0.05$), 其中真空冷冻干燥锦橙片总糖质量分数为(60.78±2.57)%, 显著高于热风干燥($p < 0.05$), 表明真空冷冻干燥有利于锦橙中糖类物质的保存. 而热风干燥的不同处理温度间差异无统计学意义($p > 0.05$), 50 °C 热风处理质量分数最高, 为(53.93±1.47)%. 可能是由于在高温条件下, 糖类尤其是葡萄糖、果糖等单糖极易发生焦化而产生损耗^[26]. 周禹含等^[27]用不同方式制得枣粉的总糖质量分数依

次为变温压差膨化干燥,真空冷冻干燥,真空干燥,热风干燥,与我们的研究结果相似。

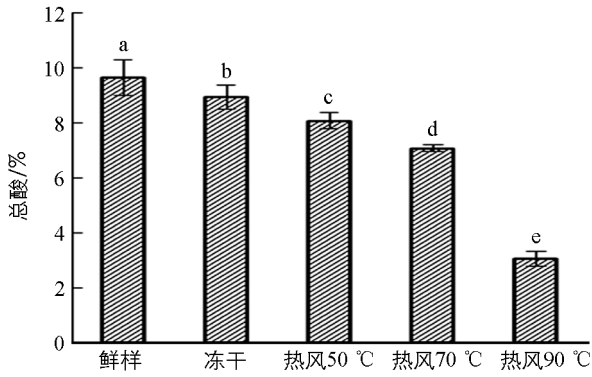


图 3 不同干燥方式对总酸质量分数的影响

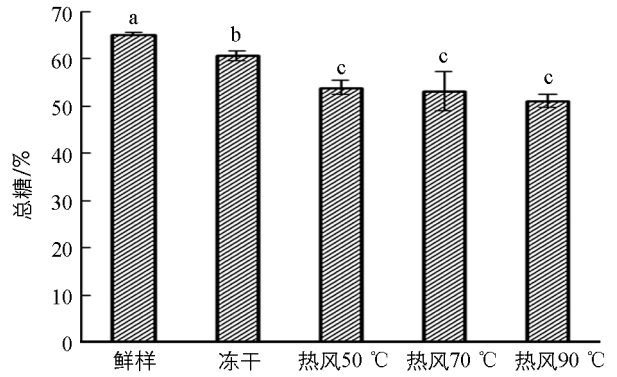


图 4 不同干燥方式对总糖质量分数的影响

2.3 不同干燥方式对复水比影响

由图 5 可知,两种干燥方式对于锦橙片复水比的影响差异有统计学意义($p < 0.05$),真空冷冻干燥的锦橙片复水比为 3.73 ± 0.27 ,热风干燥不同处理组中最高仅为 3.09 ± 0.78 ,表明真空冷冻干燥锦橙片的复水效果优于热风干燥.真空冷冻干燥是使固态水在一定的真空度下直接升华,锦橙片的内部形成多孔结构,有利于复水的进行^[28].

2.4 不同干燥方式对锦橙片色泽和褐变度影响

由表 1 可知,两种干燥方式制得的锦橙片 L 值, b 值差异有统计学意义($p < 0.05$), a 值差异无统计学意义($p > 0.05$).经真空冷冻干燥锦橙片的 L 值, b 值分别为 52.23 ± 1.48 , 38.25 ± 1.80 ,明显高于热风干燥,表明其颜色与热风干燥相比更白且偏于黄色.对比热风干燥不同处理温度, L 值, b 值差异也有统计学意义($p < 0.05$),并且均随着温度升高而减小.

表 1 不同干燥方式对色泽的影响($\bar{x} \pm s, n=9$)

干燥方式	L	a	b
冻干	$52.23 \pm 1.48a$	$4.09 \pm 0.92a$	$38.25 \pm 1.80a$
热风 50℃	$43.78 \pm 2.54b$	$3.91 \pm 0.69a$	$20.68 \pm 1.23b$
热风 70℃	$23.89 \pm 2.53c$	$4.98 \pm 1.14a$	$14.07 \pm 3.07c$
热风 90℃	$11.49 \pm 2.62d$	$4.28 \pm 1.67a$	$5.64 \pm 2.01d$

热风干燥的褐变度显著高于真空冷冻干燥,且随着温度的升高,褐变度逐渐升高($p < 0.05$)(图 6).90℃热风干燥的褐变度高达 1.44 ± 0.23 ,约为真空冷冻干燥的 5.5 倍.干燥中褐变的主要是由美拉德反应引起,随着干燥温度越高,美拉德反应也越剧烈^[29].

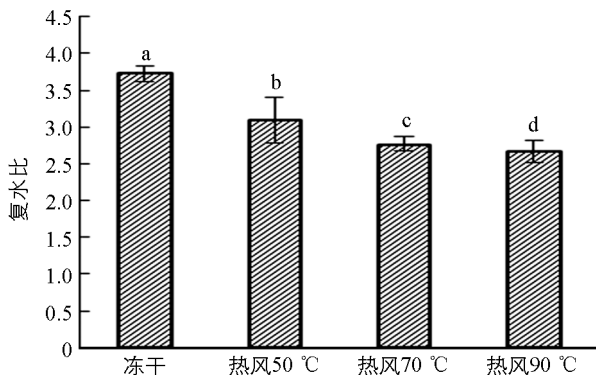


图 5 不同干燥方式对复水比的影响

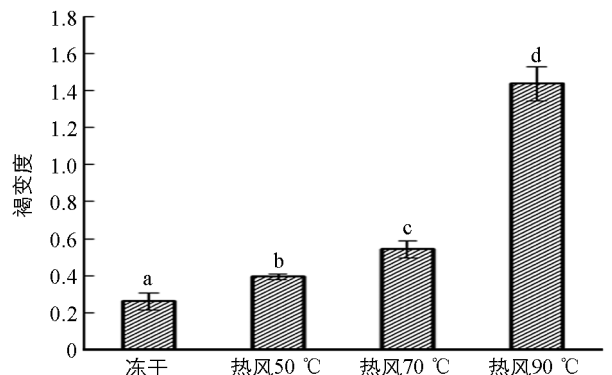


图 6 不同干燥方式对褐变度的影响

2.5 不同干燥方式对锦橙片质构影响

由表 2 可知,经热风干燥和真空冷冻干燥的样品与鲜样相比较,硬度、弹性、内聚性和咀嚼性差异均

有统计学意义($p < 0.05$), 两种干燥方式的样品之间, 差异也有统计学意义($p < 0.05$). 真空冷冻干燥的锦橙片结构疏松, 而经热风干燥的锦橙片结构紧密, 正是这种结构影响样品的硬度、咀嚼性等, 降低锦橙片的感官品质^[30].

表 2 不同干燥方式对质构的影响($\bar{x} \pm s, n=9$)

干燥方式	硬度/N	弹性/mm	咀嚼性/mJ	内聚性
鲜样	102.50±17.19 a	1.63±0.07a	0.88±0.04a	0.49±0.04 a
冻干	318.50±31.24 b	1.28±0.01 b	1.05±0.18 b	0.27±0.01 b
热风 50 ℃	537.50±82.14 c	1.46±0.20 c	1.63±0.31 c	0.21±0.05 c
热风 70 ℃	1221.00±122.96 d	1.47±1.18 c	1.60±0.36 c	0.20±0.03 c
热风 90 ℃	1240.00±107.98 d	1.49±0.17 c	1.68±0.50 c	0.21±0.07 c

3 结 论

通过测定维生素 C、总酸、总糖、质构、色差等指标, 比较热风干燥和真空冷冻干燥对锦橙片品质的影响, 结果表明, 经两种干燥方式处理的样品间在营养成分、组织结构以及色泽等方面差异均有统计学意义. 真空冷冻干燥的锦橙片结构疏松, 复水性好, 能较好地保存锦橙片中的营养成分, 对锦橙片的色泽和内部结构破坏程度小.

参考文献:

- [1] 乔 宇, 范 刚, 程 薇, 等. 锦橙果实发育过程中香气成分的变化 [J]. 果树学报, 2011, 28(1): 138—142.
- [2] 唐会周, 曾凯芳, 明 建, 等. 锦橙果实发育进程香气成分及品质特性分析 [J]. 食品科学, 2012, 33(8): 260—264.
- [3] 范 刚, 柴 倩, 潘思轶. 锦橙游离态和键合态风味物质研究 [J]. 食品科学, 2006, 27(12): 618—622.
- [4] 杨 丽. 果蔬干制研究进展 [J]. 食品工业, 2012, 33(5): 99—102.
- [5] 马 超. 果蔬干制技术概况及展望 [J]. 中国果菜, 2013(12): 38—40.
- [6] 吴海虹, 刘春菊, 卓成龙, 等. 干燥工艺对慈菇脆片品质的影响 [J]. 食品科学, 2013, 34(24): 36—39.
- [7] SHYU S L, HWANG L S. Effects of Processing Conditions on the Quality of Vacuum Fried Apple Chips [J]. Food Research International, 2001, 34(3): 133—142.
- [8] 罗红玉, 邓 敏, 杨海滨, 等. 加工工艺对茶叶硒组成及主要理化成分的影响 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2017, 42(8): 58—63.
- [9] 李晓英. 真空冷冻干燥工艺中茶树菇共晶点共融点的测定 [J]. 食品研究与开发, 2013, 34(14): 88—90.
- [10] 宋 凯, 徐仰丽, 郭远明, 等. 真空冷冻干燥技术在食品加工应用中的关键问题 [J]. 食品与机械, 2013, 29(6): 232—235.
- [11] 杨 华, 杨性民, 孙金才. 不同干燥方式对西兰花蔬菜粉品质的影响 [J]. 中国食品学报, 2013, 13(7): 152—158.
- [12] 叶 磊, 郜海燕, 周拥军, 等. 热风干燥与真空冷冻干燥对桑葚果粉品质的影响比较 [J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(2): 155—159.
- [13] 谢振文, 张帮奎, 涂雪令, 等. 真空冷冻干燥柠檬片工艺参数优化研究 [J]. 食品与发酵科技, 2010, 46(3): 51—54.
- [14] 王蓉蓉, 丁胜华, 李高阳, 等. 柠檬片热风干燥特性及品质研究 [J]. 食品科技, 2016(5): 48—53.
- [15] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会国家食品药品监督管理总局. 食品安全国家标准食品中水分的测定: GB 5009.3-2010 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [16] 刘 玉, 刘亚敏, 刘玉民, 等. 枫香叶正丁醇分离物对冬枣贮藏品质的影响 [J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(9): 234—240.
- [17] 胡佳羽. 次氯酸钙对脐橙果实贮藏保鲜效果研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2009.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 食品中总酸的测定: GB/T 12456-2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [19] DUAN Z H, JIANG L N, WANG J L, et al. Drying and Quality Characteristics of Tilapia Fish Fillets Dried with Hot Air-Microwave Heating [J]. Food & Bioprocess Technology, 2011, 89(4): 472—476.
- [20] 何 萌, 王 丹, 马 越, 等. 不同清洗处理对鲜切莲藕贮藏期褐变的影响 [J]. 食品科学, 2014, 35(18): 214—218.
- [21] ARGYROPOULOS D, MÜLLER J. Kinetics of Change in Colour and Rosmarinic Acid Equivalents During Convective

Drying of Lemon Balm (*Melissa officinalis*, L.) [J]. Journal of Applied Research on Medicinal & Aromatic Plants, 2014, 1(1): e15—e22.

- [22] 孙 艳, 周婧琦, 侯玉泽, 等. 解冻与真空干燥对于秋葵中 Vc 含量的影响 [J]. 食品科技, 2015(11): 71—74.
- [23] 周婧琦, 高愿军, 张亚晓, 等. 干燥方式对秋葵中还原型 Vc 和氧化型 Vc 含量的影响 [J]. 食品与机械, 2014, 30(6): 146—148.
- [24] 高 炜, 丁胜华, 王蓉蓉, 等. 不同干燥方式对柠檬片品质的影响 [J]. 食品科技, 2017(2): 114—119.
- [25] 张宝善, 陈锦屏, 李 强. 干制方式对红枣 Vc、还原糖和总酸变化的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2004, 32(11): 117—121.
- [26] 黄忠闯, 李全阳, 姚春杰, 等. 热风干燥和真空冷冻干燥芒果品质的比较研究 [J]. 农业机械, 2011(18): 101—105.
- [27] 周禹含, 毕金峰, 陈芹芹, 等. 不同干燥方式对枣粉品质的影响 [J]. 食品科学, 2014, 35(11): 36—41.
- [28] 刘书成, 张常松, 吉宏武, 等. 不同干燥方法对罗非鱼片品质和微观结构的影响 [J]. 农业工程学报, 2012, 28(15): 221—227.
- [29] 许晴晴, 陈杭君, 郜海燕, 等. 真空冷冻和热风干燥对蓝莓品质的影响 [J]. 食品科学, 2014, 35(5): 64—68.
- [30] RPF G, BARROCA M J. Effect of Drying Treatments on Texture and Color of Vegetables (Pumpkin and Green Pepper) [J]. Food & Bioprocesses Processing, 2012, 90(1): 58—63.

Effects of Different Drying Methods on the Quality of Jincheng Orange Slices

ZHANG Yu¹, YAN Shu-qing¹, FENG Xi-ya¹, NING Xiao-qiang²,
CHEN Li², HONG Qing-yue¹, YANG Ming-jing¹

1. School of Food Science, Southwest University / Food Science and Engineering Teaching Demonstration Center at the National Level, Chongqing 400715, China;
2. High School Affiliated to Southwest University, Chongqing 400700, China

Abstract: Vacuum freeze-drying and hot-air drying were used to dry Jincheng orange (*Citrus sinensis*) slices so as to investigate the effects of different drying methods on the quality of the product. The contents of ascorbic acid, total sugars, total titratable acids, color difference, browning degree and texture of the dried samples were determined and compared. The two drying methods gave significantly different results ($p < 0.05$) in the hardness, chewiness, elasticity and cohesiveness of the Jincheng slice samples. The contents of ascorbic acid, total sugars and total acids were 250 ± 32.59 mg per 100 g, $(60.78 \pm 2.57)\%$ and $(8.95 \pm 1.08)\%$, respectively, in the vacuum freeze dried citrus slices, and the highest were 168.07 ± 32.15 mg per 100 g, $(53.93 \pm 1.47)\%$ and $(8.07 \pm 0.75)\%$, respectively, in the hot air dried Jincheng slices. Compared with hot air drying, vacuum freeze-drying had lower browning degree, higher color brightness and better rehydration property (the rehydration ratio being 3.73 ± 0.27). Its L value and b value were 52.23 ± 1.48 , 38.25 ± 1.80 , respectively. The difference in the a value was non-significant between the two drying methods ($p > 0.05$). In conclusion, compared with hot air drying, vacuum freeze drying has obvious advantages in maintaining the nutritional composition, color and rehydration of Jincheng slices.

Key words: Jincheng slice; vacuum freeze-drying; hot-air drying; quality